

none

none

none

© EPODOC / EPO

PN - JP7261100 A 19951013

PD - 1995-10-13

PR - JP19940046774 19940317

OPD - 1994-03-17

TI - SHAPE-VARIABLE MIRROR

IN - ICHINOSE YUJI

PA - HITACHI LTD

IC - G02B26/00 ; B23K26/06 ; G02B5/08 ; H01S3/041

©WPI / DERWENT

TI - Reflecting mirror for optical distortion correction e.g. for high power laser, light beam - forms coolant circulation space in mirror with surface-deforming actuators attached to mirror rear face to prevent thermal surface deformation NoAbstract

PR - JP19940046774 19940317

PN - JP7261100 A 19951013 DW 199550 G02B26/00 008pp

PA - (HITA ) HITACHI LTD

IC - B23K26/06 ;G02B5/08 ;G02B26/00 ;H01S3/041

OPD - 1994-03-17

AN - 1995-386221 [50]

© PAJ / JPO

PN - JP7261100 A 19951013

PD - 1995-10-13

AP - JP19940046774 19940317

IN - ICHINOSE YUJI

PA - HITACHI LTD

TI - SHAPE-VARIABLE MIRROR

AB - PURPOSE:To provide the structure of a shape-variable mirror by which the responsiveness of the shape-variable mirror is enhanced and the mirror surface can be cooled.  
- CONSTITUTION:Plural actuators 3 are fitted to the lower part of the mirror 1 on which a cylindrical laser beam 9 is made incident through a pin 2. Then, the mirror 1 and the plural actuators 3 are fixed to a lens barrel 4. The wave surface of the beam 9 can be controlled by giving a driving voltage to the respective actuators 3. The peripheral part of the mirror 1 is provided with a space where a coolant 5 is circulated. Besides, the lower surface of the central part of the mirror 1 is provided with a space where the coolant 5 is circulated a pin 8 for cooling.

I - G02B26/00 ;B23K26/06 ;G02B5/08 ;H01S3/041

none

none

none

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-261100

(43)公開日 平成7年(1995)10月13日

(51)Int.Cl. <sup>6</sup> G 02 B 26/00 B 23 K 26/06 G 02 B 5/08 H 01 S 3/041	識別記号 Z	庁内整理番号 F I	技術表示箇所 H 01 S 3/ 04 G 審査請求 未請求 請求項の数14 ○ L (全 8 頁)
---	-----------	---------------	--

(21)出願番号 特願平6-46774  
(22)出願日 平成6年(1994)3月17日

(71)出願人 000005108  
株式会社日立製作所  
東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地  
(72)発明者 一ノ瀬 祐治  
茨城県日立市大みか町七丁目2番1号 株式会社日立製作所エネルギー研究所内  
(74)代理人 弁理士 小川 勝男

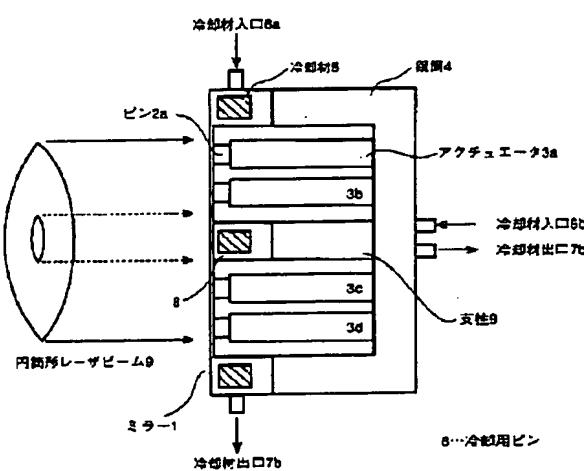
(54)【発明の名称】 形状可変鏡

(57)【要約】

【目的】 形状可変鏡の応答性を高め、ミラー1面の冷却を可能にする形状可変鏡の構造を提供する。

【構成】 円筒形レーザビーム9が入射するミラー1の下部にピン2を介してアクチュエータ3を複数個取付け、ミラー1と複数個のアクチュエータ3は鏡筒4に固定する。各アクチュエータ3にそれぞれ駆動電圧を与えて円筒形レーザビーム9の波面を制御できる。ミラー1の周辺部に冷却材5を循環させる空間を設け、ミラー1の中央部下面には冷却用ピン8に冷却材5を循環させる空間を設ける。

図 1



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】レーザビームを入射して反射するミラーと前記ミラーの裏面に複数のアクチュエータを有し、前記複数のアクチュエータに任意の信号を与えることにより前記ミラーの凹凸を変えることのできる形状可変鏡において、前記ミラーの前記レーザビームが入射される部分の裏面以外のミラーに冷却材を循環させる空間を設け、前記空間に冷却材を循環させる手段を設けたことを特徴とする形状可変鏡。

【請求項2】レーザビームを入射して反射するミラーと前記ミラーの裏面に複数のアクチュエータを有し、前記複数のアクチュエータに任意の信号を与えることにより前記ミラーの凹凸を変えることのできる形状可変鏡において、前記ミラーの前記レーザビームが入射される部分の裏面以外のミラー裏面に、冷却材を循環させる空間を設けた構造物を取付け、前記空間に冷却材を循環させる手段を設けたことを特徴とする形状可変鏡。

【請求項3】請求項1または2において、前記ミラーに冷却材を循環させる空間を設け、前記ミラー裏面に冷却材を循環させる空間を設けた構造物を取付けた形状可変鏡。

【請求項4】レーザビームを入射して反射するミラーと前記ミラーの裏面に複数のアクチュエータを有し、前記複数のアクチュエータに任意の信号を与えることにより前記ミラーの凹凸を変えることのできる形状可変鏡において、前記ミラーの前記レーザビームが入射される部分の裏面以外のミラー裏面に、ペルチェ素子を取付け、前記ペルチェ素子に駆動電圧を与える手段を設けたことを特徴とする形状可変鏡。

【請求項5】請求項1または4において、前記ミラーに冷却材を循環させる空間を設け、前記ミラー裏面に、ペルチェ素子を取付け、前記ペルチェ素子に駆動電圧を与える手段を設けた形状可変鏡。

【請求項6】請求項1, 2, 3, 4または5において、前記形状可変鏡の前記ミラー裏面及び前記アクチュエータに冷却用ガスを送風し、前記冷却用ガスを循環させる手段を設けた形状可変鏡。

【請求項7】レーザビームを入射して反射するミラーと前記ミラーの裏面に複数のアクチュエータを有し、前記複数のアクチュエータに任意の信号を与えることにより前記ミラーの凹凸を変えることのできる形状可変鏡において、前記ミラーの裏面に雌ねじを設け、前記アクチュエータの一端に熱伝達率の低い材料から成る緩衝材を接続し該緩衝材に雌ねじを持つ構造物を接続し、前記アクチュエータの他端に雌ねじを持つ台座を接続し前記台座の中を前記アクチュエータを駆動するための信号線を通す手段を設けたことを特徴とする形状可変鏡。

【請求項8】請求項1, 2, 3, 4, 5, 6または7において、前記ミラーの裏面に雌ねじを設け、前記アクチュエータの一端に熱伝達率の低い材料から成る緩衝材を

10

2

接続し前記緩衝材に雄ねじを持つ構造物を接続し、前記アクチュエータの他端に雄ねじを持つ台座を接続し前記台座の中を前記アクチュエータを駆動するための信号線を通す手段を設けた形状可変鏡。

【請求項9】請求項1, 2, 3, 4, 5, 6, 7または8において、前記ミラーを熱伝達率のよい材質で作る形状可変鏡。

【請求項10】請求項1, 2, 3, 4, 5, 6, 7または8において、前記ミラーは金属材料で作る形状可変鏡。

【請求項11】請求項1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9または10において、前記レーザビームの波面を補正する形状可変鏡と前記レーザビームの波面の検出手段と検出値により形状可変鏡の複数のアクチュエータの駆動量を決定する手段からなる補償光学装置。

【請求項12】請求項11において、前記補償光学装置でレーザ発振器から出力されるレーザビームの波面を補正するレーザ発振器。

【請求項13】請求項11において、レーザ発振器と前記レーザビームを集光させ加工材の所定の位置に照射する光学系及び制御装置からなるレーザ加工機。

【請求項14】物質の中に含まれている同位体を取り出すことのできるレーザ同位体分離装置において、レーザ発振器から出力されたレーザビームを前記物質を気化したものに繰返し照射するために形状可変鏡とビームスプリッタとミラーを複数個設け、前記ビームスプリッタで分けられたレーザビームをレーザ波面検出器に入射し前記レーザ波面検出器の検出値から前記形状可変鏡のアクチュエータの駆動量を決定する波面制御装置を設けたことを特徴とするレーザ同位体分離装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、レーザビーム及び光の光学的な歪を補正する補償光学装置の形状可変鏡に係り、特に、形状可変鏡の応答性を低下させずに高出力レーザビームによる形状可変鏡の熱歪を抑えるミラー面冷却装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】補償光学装置は、光学的な歪を検出し形状可変鏡でその歪を補正するものである。この補償光学装置を用いて、高出力レーザ発振器から出力されるレーザビームの歪を補正することによりビーム品質を改善することが可能である。このとき形状可変鏡では、ミラー面がレーザビームを吸収することにより熱歪がミラー面に生じる恐れが有る。そこで上記用途に供するために、形状可変鏡のミラー面を冷却する機能を有したもののが考案されている。その形状可変鏡の構造については、例えば、米国特許第4674848号、第4657358号が挙げられる。いずれもミラー裏面に冷却材（気体、液体）を循環させる空間を設け、その後段にアクチュエータを取付けたも

のである。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上記従来技術は形状可変鏡のミラー面の冷却効率のみを考慮しており、ミラー面下部に冷却材を循環させる空間を設けたことによるミラー剛性の向上によるアクチュエータの駆動電圧に対するミラー面変位に関する応答性の低下に関しては考慮されていない。

【0004】本発明の目的は、形状可変鏡の上記課題を解決する装置を提供し、この形状可変鏡を用いた補償光学装置、その補償光学装置を適用することにより性能を向上させることのできるレーザ発振器、レーザ加工機、レーザ同位体分離装置を提供することにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】形状可変鏡の基本構造は、光を反射するミラー面にその凹凸を変えるためのアクチュエータを2次元的に複数個取付たものである。アクチュエータは、印加電圧に比例して変位する圧電素子を複数枚積層しそれぞれを電気的に直列に接続した積層型圧電素子が応答性の点で優れており多く使用されている。形状可変鏡の応答性を高めるには、ミラー面から圧電素子の底面までの長さを短くすれば良い。圧電素子の全長は、最大変位量に比例するため形状可変鏡の要求性能により決まるため短くすることはできない。そこでミラー面厚み及びミラーと圧電素子の接続部を短くすれば良い。一方、ミラー面を冷却する構造はミラー面下部に冷却材を循環させる空間を設けるのではなく、ミラー面の熱をミラー周辺部に逃がすようにすれば良い。

【0006】

【作用】形状可変鏡の応答性は上述したように、ミラー面厚み及びミラーと圧電素子の接続部を短くすれば、応答速度は速くなる。レーザビームにより発生する熱は、ミラー周辺部に冷却材を循環させる空間を設けることにより吸収する。このようにすれば、形状可変鏡の応答性を低下させずに、ミラー面の冷却が可能となる。また、一般にレーザ発振器から出力されるレーザビームの形状は円形であるが、本発明の対象となるような高出力レーザ発振器、特に気体レーザの場合、円筒状のレーザビームが outputされるため、ミラー周辺部だけでなくミラー中央部にも冷却材を循環させる空間を設けることが可能となる。このような構造にすることにより、高い応答性を持ちミラー面の冷却が可能な形状可変鏡が可能となる。

【0007】

【実施例】図1、図2を用いて本発明の一実施例を説明する。図1には本発明の一実施例である形状可変鏡の構造を示すが、1はミラー、2は各アクチュエータ3a…3dの変位量をミラー1に伝えるピン、4は鏡筒、図1の斜線部は冷却材5を循環させる空間、6は冷却材5を循環させるための流入口、7は冷却材5を循環させるための出口、8はミラー1の中央部を冷却するための冷

却用ピンである。形状可変鏡は補償光学装置の重要な構成要素の一つであり、波面の乱れたレーザビームを形状可変鏡に入射し、形状可変鏡の各アクチュエータ3に駆動電圧を与えることによりミラー面に凹凸をつけることにより、反射されるレーザビームの波面を制御するものである。図1は円筒形レーザビーム9の波面を制御する形状可変鏡についての本発明の一実施例を示している。ミラー1はピン2を介してアクチュエータ3と連結しており、各アクチュエータ3に駆動電圧を与えることにより円筒形レーザビーム9の波面を制御できる。ミラー1で反射される円筒形レーザビーム9の一部はミラー1に吸収されるため、ミラー1の温度が上昇しミラー面に温度分布が生じることによりミラー面が熱変形する恐れがある。ミラー1の周辺部に冷却材5を循環させる空間を設け、ミラー1の中央部下面には冷却用ピン8に冷却材5を循環させる空間を設けることによりミラー1の円筒形レーザビーム9が入射された領域で生じる熱を吸収することができる。冷却材5を循環させる空間に、冷却材5を流入させる入り口6a、6b及び出口7a、7bにより冷却材5を循環することで冷却効果を高める。図1の形状可変鏡を円筒形レーザビーム9から見た図が、図2である。上述したように円筒形レーザビーム9の波面を制御するために設けられる各アクチュエータ3の接続されるミラー面以外のミラー1の中央部及び周辺部に、冷却材5を循環させる。図1に示すように、薄いミラー1にピン2とアクチュエータ3が連結された構造は、形状可変鏡の機能を満たす上で最も単純な構造であり、形状可変鏡の応答性を高めることができる。さらに冷却機構も同時に設けてあるために、高出力レーザによるミラー面の熱変形を抑えることができる。

【0008】本発明の実施例を実現するためのアクチュエータ3は、印加電圧に比例して変位する圧電素子、積層型の圧電素子、油圧駆動素子、磁歪素子及びリニアアクチュエータ等で実現できる。またミラー1の材質としてはガラスでも実現できるが、熱伝達率の高い金属材料を用いた方が効率の良い冷却が可能である。さらに冷却材5は、液体の他気体を用いても実現でき、液体の方が冷却効率が高い。

【0009】図3は本発明の一実施例である形状可変鏡のミラー1と冷却材5を循環させる空間の構造を示す。ミラー1は周辺部が厚く、中央部（アクチュエータ3を接続する領域）が薄い構造を持ち、冷却材5を循環させる部分をくり抜いた構造にする。そして側板10は円筒形で、ミラー1と側板10にねじの雄、雌山を設けることにより、双方を接続できかつ冷却材5を循環させる閉空間をミラー周辺部に実現できる。そして側板10の外周上の二ヶ所に冷却材5を流入させる入り口6a及び出口7aを設けることで本発明を実現できる。次にミラー1の中央部を冷却する冷却用ピン8について説明する。図3に示すように、冷却用ピン8の中央部をくり抜き、

そこに冷却材 5 を循環させる。上板 11 と冷却用ピン 8 にねじの雄、雌山を設けることにより、双方を接続できかつ冷却材 5 を循環させる閉空間を実現できる。そして上板 11 の二ヶ所に冷却材 5 を流入させる入り口 6b 及び出口 7b を設けることで本発明を実現できる。図 3 を用いた本発明の一実施例では冷却材 5 を循環させる空間を実現する構造について述べたが、空間における冷却材 5 と接触する面積は広ければ広いほど冷却能力は高くなる。そこで図 3 に示した構造だけでなく、面積を大きくする構造は、壁面に凹凸を設ける方法、空間に仕切り板を設けるなどの構造が考えられる。

【0010】実施例では円筒形レーザビームの場合について述べたが、次に円形レーザビームの場合の本発明の一実施例を図 4 を用いて説明する。図 4 は形状可変鏡の断面を示したものである。図において、円形レーザビームの波面を制御するためにはミラー 1 の下部に二次元的に配列したピン 2 とアクチュエータ 3 を設け、ミラー 1 の冷却はその周辺部に設けた冷却材 5 を循環させる空間により実現すれば良い。本発明によれば、形状可変鏡の応答性を高めることができ、さらに冷却機構も同時に設けてあるために、高出力レーザによるミラー面の熱変形を抑えることができる。これまで円筒形レーザビームと円形レーザビームの場合の本発明の実施例を説明したが、その他の形状のレーザビームの場合にも本発明を実現することができる。

【0011】図 5 は円形レーザビームの波面を制御するための本発明の一実施例の形状可変鏡の断面を示したものであるが、ミラー 1 の下部に二次元的に配列したピン 2 とアクチュエータ 3 を設け、ミラー 1 の冷却はペルチエ素子 12 を用いて実現するものである。ペルチエ素子 12 は電気エネルギーを熱に変換するものであり、ペルチエ素子 12 にペルチエ素子用電源 13 から電気エネルギーを供給することにより、ミラー 1 に生じた熱を吸収することができる。実施例は円形レーザビームの場合であるが、円筒状レーザビームの場合にはミラー中央部の下面にペルチエ素子 12 を設けた構造にすれば良い。

【0012】次に図 6 を用いて本発明の一実施例を説明する。図 6 は本発明の一実施例である形状可変鏡の断面構造を示したものであるが、ミラー周辺部に冷却材 5 を循環させる空間を設け、さらにミラー 1 の裏面とアクチュエータ 2 に冷却用ガスを送風することによりミラー 1 及びアクチュエータ 2 を冷却するものである。このような構造にすることにより、ミラー 1 の剛性を増やすことなくミラーの冷却能力を向上させることができる。実施例では、ミラー周辺部に冷却材 5 を循環させる空間を設けた本発明の他の実施例と組み合わせたものであるが、同様に図 1 から図 5 を用いて説明した本発明の他の実施例と組み合わることが出来る。

【0013】図 7 は本発明の一実施例の形状可変鏡の断面を示したものであるが、ミラー 1 の下面にアクチュエ

ータ 3 を取付けるための雌ねじを設け、アクチュエータ 3 の一端には緩衝材 42 とそれと接続された雄ねじを持つピン 2 を連結し、他端には鏡筒 4 に固定するために雄ねじを設けた台座 15 を連結した構造であり、ボルト 41 により鏡筒 4 に固定することができる。アクチュエータ 3 は圧電素子等の駆動電圧により変位するものであり、そのリード線 14 は台座 15 の中を通して通している。このような構造にすることにより、アクチュエータ 3 の部分とミラー 1 及び鏡筒 4 を接続がいずれもねじ式になっているため、形状可変鏡の組立て及び分解が容易になる。また、緩衝材 42 にセラミック等の熱伝達率の悪い材料を用いることで、ミラー 1 に発生した熱がアクチュエータ 3 に伝達されることによってアクチュエータ 3 の機能が低下するのを抑えることができる。本実施例によれば、形状可変鏡の組立て及び分解が容易になり、またアクチュエータ 3 の熱による機能低下を抑えることができる。

【0014】本発明の一実施例であるアクチュエータとミラー及び鏡筒との接続構造は、図 1 から図 6 を用いて説明した本発明の他の実施例と組合せて実施できる。そしてこのような構造の形状可変鏡にすることにより、応答性、組立効率、冷却性に優れた形状可変鏡を実現することができる。

【0015】次にこれらを用いた本発明の一実施例である補償光学装置及び補償光学装置をいろいろな光学装置に適用した例について説明する。本発明の一実施例である形状可変鏡を用いて構成する補償光学装置は、レーザ及び光の波面歪を補正できるため、いろいろな光学装置に適用してその波面歪による性能の劣化を抑えることができる。

【0016】図 8 に本発明の一実施例であるマルチディザイナー方式補償光学装置の基本的構成を示す。レーザ及び光の波面検出方式の違いによりいろいろな方式の補償光学装置が提案されており、マルチディザイナー方式もその一つである。図 8 において、歪みのあるレーザ波面 17a を持つ入射レーザビーム 16 は上述した本発明の一実施例である形状可変鏡 18 に入射され、そこで入射レーザビーム 16 は位相変調と波面補正が実施される。位相変調は、形状可変鏡 18 にある複数のアクチュエータをレーザ波長の数十分の一の振幅で異なる周波数で駆動することにより実現される。このため形状可変鏡 18 は、アクチュエータの数が多ければ多いほど高い応答性が要求される。形状可変鏡 18 から出たレーザビームはビームスプリッタ 19 で分割され、一方は出射レーザビーム 30 となり、他方はレンズ 20 で集光されレンズ 20 の焦点位置に置かれた光検出器 21 でその光信号 22 が検出される。光信号 22 には形状可変鏡 18 のアクチュエータ数と同数の位相変調信号が含まれており、波面制御装置 23 では光信号 22 から複数の位相変調信号を分離検出する。位相変調信号は形状可変鏡 18 で位相変調され

た領域のレーザビームの位相に比例するため、各位相変調信号の強度分布がレーザ位相の分布、すなわち、レーザ波面である。波面制御装置23では検出したレーザ波面から形状可変鏡18の指令値24を決定し、駆動電源25で駆動電圧26に増幅され、形状可変鏡18が制御される。なお、波面制御装置23で決定される指令値24は、形状可変鏡18のアクチュエータ数と同数であり、各指令値24には位相変調のための駆動信号が重畠されている。マルチディザイ方式補償光学装置は、高出力レーザビームの波面歪を補正する場合にも、形状可変鏡の応答性を高めることができ、ミラー面の熱変形を抑えることができるため、高性能の補償光学装置を実現できる。

【0017】次に本発明の一実施例である他の方式の補償光学装置について説明する。図9において、16は入射レーザビーム、17aはレーザ波面、18は形状可変鏡、19はビームスプリッタ、27は波面検出器、23は波面制御装置、25は駆動電源である。入射レーザビーム16は形状可変鏡18で波面補正された後、ビームスプリッタ19により一方は波面検出器27へ、他方は出射レーザビーム30に分けられる。波面検出器27では、ハルトマン方式及びシェアリング干渉方式のいずれの方式を用いても検出可能である。波面検出器27で検出される波面信号28は、ハルトマン方式及びシェアリング干渉方式のいずれの方式を用いてもレーザ波面の傾き、すなわち、波面の微分値であり、波面制御装置23では波面信号28を、例えば、積分演算することによりレーザ波面を求め形状可変鏡18の指令値24を決定し、駆動電源25で駆動電圧26に増幅され、形状可変鏡18が制御される。補償光学装置は、高出力レーザビームの波面歪を補正する場合にも、形状可変鏡の応答性を高めることができ、ミラー面の熱変形を抑えることができるため、高性能の補償光学装置を実現できる。

【0018】本発明の一実施例である補償光学装置は、図10に示すように補償光学装置31に歪みのあるレーザ波面17aを持つ入射レーザビーム16を入射し、歪の無いレーザ波面17bに変換しレーザビーム30を出射するものである。従って、高出力レーザ発振器から出力されるレーザビームを本発明の補償光学装置に入射することにより、高出力レーザ発振器内で生じたレーザ波面の歪を補正し、高品質のレーザビームを得ることができる。

【0019】次に本発明の一実施例であるレーザ加工機について説明する。図11は本発明の一実施例であるレーザ加工機であり、32はレーザ発振器、31は補償光学装置、33は凹面鏡、34は加工材である。レーザ加工機は、レーザエネルギーによって加工材34を切断したり、溶接したりするものである。レーザビームは凹面鏡33により絞ることができるため、バイト(刃物)を用いる従来の切断加工機と比較してより正確な加工が可能

である。そして、レーザエネルギーが高いほど、加工時間は短くて済む。ところが高出力レーザ発振器から出力されるレーザビームに波面歪があると、凹面鏡33によりレーザビームを絞ることができなくなるため、加工材34に照射するレーザエネルギー密度が低下したり、切断部の面積が大きくなるなどの問題が発生する。そこで図11に示すように、レーザ発振器32から出力されたレーザビーム16を補償光学装置31に入射し、補償光学装置31でレーザ波面を補正したレーザビーム30を常に凹面鏡33に供給できるため、高性能のレーザ加工機を実現できる。

【0020】次に本発明の一実施例であるレーザ同位体分離装置について説明する。図12にレーザ同位体分離装置40の基本的構成を示す。分離する同位体を含んだ物質を容器37の中に入れ加熱して気化させる。蒸気38となつた物質に、分離したい同位体のみをイオン化するために特定の波長を持つレーザビーム35を照射する。イオン化した同位体は、回収電極39に付着させて抽出することができる。レーザ発振器32から出力されるレーザビーム35を効率良く蒸気38に照射するために、折返しミラー36を複数個用いて蒸気38を広い領域にわたり照射する。このときレーザビーム35が蒸気中を伝搬するときに波面歪が生じ、レーザビーム35が拡散したり曲がったりして伝搬させることができなくなる問題が発生する。これを解決するためには、補償光学装置をレーザ同位体分離装置40に適用すれば良い。

【0021】図13はレーザ同位体分離装置40に補償光学装置を適用した本発明の一実施例を示すが、レーザ発振器32から出力されるレーザビーム35は形状可変鏡18aで反射され、ビームスプリッタ19aを介して一方は形状可変鏡18bへ、他方は波面検出器27aへ入力される。波面検出器27aで検出された波面歪により制御装置23aで形状可変鏡18aの指令値を決定し、波面歪を補正する。以下同様の動作で、形状可変鏡18bにより波面歪を補正することにより、レーザビーム35を蒸気中で伝搬させることができる。なお、図13の実施例では、レーザビーム35は形状可変鏡18とビームスプリッタ19のみで折り返しているが、これらの代りにいくつの場所に折返しミラー36を用いても問題はない。

【0022】

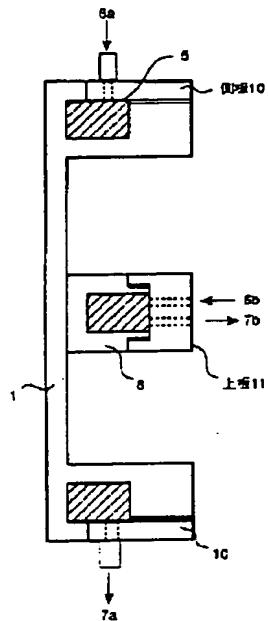
【発明の効果】本発明によれば、薄いミラーにピンとアクチュエータが連結された構造でミラー面を駆動する形状可変鏡であるため形状可変鏡の応答性を高めることができ、さらに冷却機構も同時に設けてあるために高出力レーザによるミラー面の熱変形を抑えることができる。

【0023】本発明によれば、アクチュエータの一端に伝熱を抑制する緩衝材とねじ付きピンを接続し、他端にねじ付き台座を接続し、アクチュエータとミラー及び鏡筒との接続をねじにより可能にした構造であるため、ア



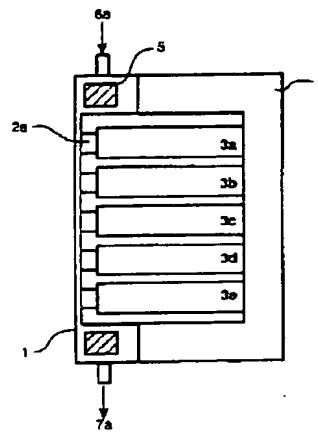
【図3】

図3



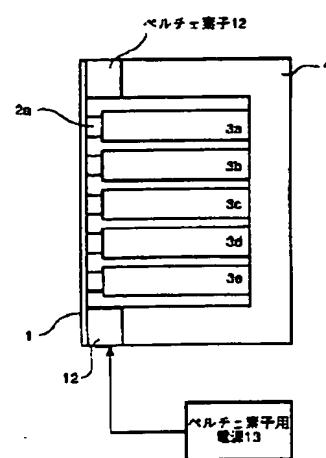
【図4】

図4



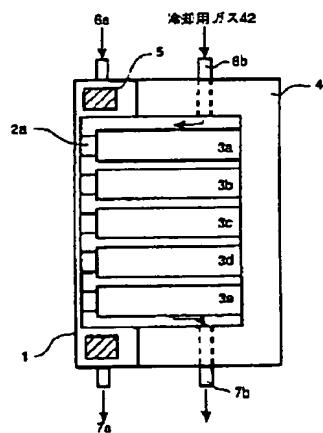
【図5】

図5



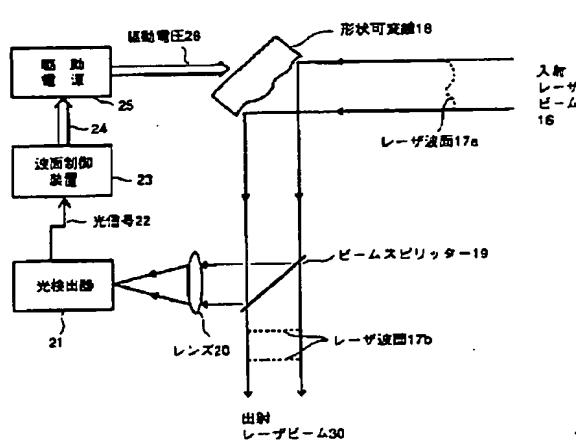
【図6】

図6



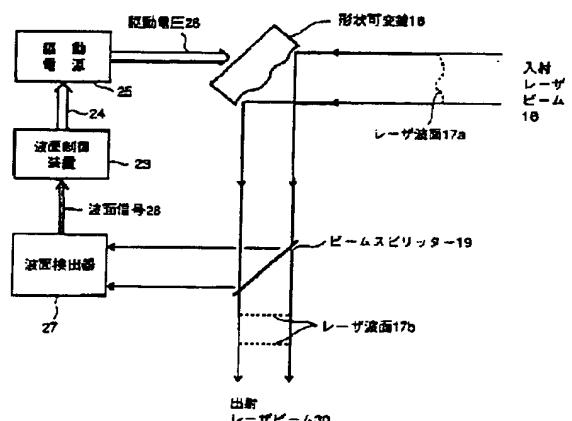
【図8】

図8



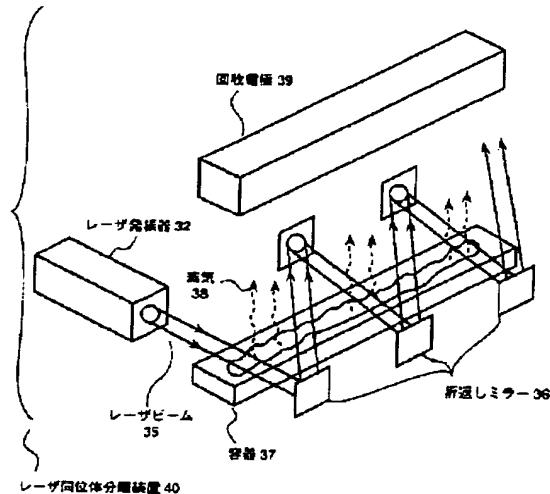
[图 9]

图 9



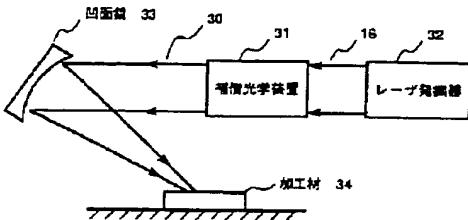
[図12]

図 12



【四 1 1】

11



### 【图 1-3】

圖 13

